

## ANALISA PENGARUH PEMAKAIAN FLY ASH SEBAGAI SEMENTISIUS PADA BETON MUTU SEDANG TERHADAP KUAT TEKAN BETON

Frederius Herman Daton Rau<sup>1)</sup>, Ir. Sudirman Indra, MSc<sup>2)</sup>, Mohammad Erfan, ST, MT.<sup>3)</sup>

<sup>1)</sup> Mahasiswa Program Studi Teknik Sipil ITN Malang

<sup>2) 3)</sup> Dosen Program Studi Teknik Sipil ITN Malang

### ABSTRAK

Fly ash atau abu terbang merupakan sisa-sisa pembakaran batu bara yang dapat digunakan dalam campuran beton didasari pada sifat material ini yang memiliki kemiripan dengan sifat semen. Berdasarkan hal tersebut diatas, maka dilakukan penelitian yang bersifat eksperimental untuk mengetahui dan menganalisa pengaruh pemakaian fly ash sebagai sementisius/ bahan pengganti semen pada beton mutu sedang (25 MPa). Dalam penelitian ini akan dibuat benda uji A, B, C, D, E, dan F. Benda uji A merupakan beton normal sedangkan benda uji B, C, D, E, dan F memiliki variasi presentase pemakaian fly ash untuk setiap sampel 20 %, 25%, 30%, 35%, 40%. Jumlah benda uji masing-masing 4 buah setiap variasi. Pengujian kuat tekan beton dilakukan pada umur 28 hari. Hasil penelitian menunjukkan bahwa dengan 5 variasi kadar fly ash yang berbeda diperoleh hasil kuat tekan rata-rata beton tertinggi yaitu pada beton dengan kadar fly ash 20 % sebesar 31,10 MPa. Peningkatan kuat tekan sebesar 6,17 MPa (24,75%) dari beton normal 24,93 MPa, sedangkan kuat tekan rata-rata terendah yaitu pada beton dengan kadar fly ash 30 % sebesar 22,32 MPa. Penurunan kuat tekan sebesar 2,61 MPa (10,47 %) dari beton normal 24,93 MPa. Berdasarkan uji data menggunakan pengujian statistik Menggunakan beberapa metode diperoleh nilai koefisien determinasi ( $R^2$ ) sebesar 0,0447. Hal ini berarti bahwa 4,47% perubahan nilai kuat tekan dipengaruhi oleh kadar fly ash sebagai sementisius pada campuran beton sedangkan sisanya dipengaruhi oleh hal yang lain. Berdasarkan analisa koefisien korelasi diperoleh nilai ( $r$ ) = 0,2115 (Tingkat hubungan pemakaian fly ash sebagai sementisius terhadap kuat tekan beton tergolong lemah), sedangkan hasil pengujian hipotesis dengan menggunakan metode Distribusi Student (nilai  $t$ ) diperoleh  $t$  hitung <  $t$  tabel atau  $0,433 < 2,776$  maka  $H_0$  diterima dan  $H_a$  ditolak sehingga tidak ada pengaruh antara presentase fly ash sebagai sementisius terhadap kuat tekan beton dengan tingkat keyakinan 95 %.

**Kata kunci:** Fly Ash, sementisius, Kuat Tekan

### ABSTRACT

*Fly ash is the remains of coal combustion that can be used in concrete mix based on the nature of this material which has similarities with the properties of cement. Based on the foregoing, an experimental study was conducted to find out and analyze the effect of using fly ash as cementitious / cement substitute material on medium quality concrete (25 MPa). In this study, test specimens A, B, C, D, E, and F. Test specimens A are normal concrete while specimens B, C, D, E, and F have variations in the percentage of fly ash usage for each sample of 20%, 25%, 30%, 35%, 40%. The number of test specimens each 4 pieces each variation. Concrete compressive strength testing is carried out at 28 days. The results showed that with 5 variations of different levels of fly ash obtained the results of the highest average compressive strength of the concrete is the concrete with 20% fly ash content of 31.10 MPa. Increased compressive strength of 6.17 MPa (24.75%) from normal concrete 24.93 MPa, while the lowest average compressive strength is in concrete with 30% fly ash content of 22.32 MPa. Reduction of compressive strength of 2.61 MPa (10.47%) from normal concrete 24.93 MPa. Based on data tests using statistical tests using several methods obtained coefficient of determination ( $R^2$ ) of 0.0447. This means that 4.47% of the change in compressive strength is affected by the fly ash content as cementitious in the concrete mixture while the rest is influenced by other things. Based on the analysis of the correlation coefficient obtained value ( $r$ ) = 0.2115 (The level of relationship of the use of fly ash as cementitious to the compressive strength of concrete is relatively weak), while the results of hypothesis testing using the Student Distribution method ( $t$  value) obtained  $t$  count <  $t$  table or  $0.433 < 2,776$ ,  $H_0$  is accepted and  $H_a$  is rejected, so there is no influence between the percentage of fly ash as cementitious on the compressive strength of concrete with a 95% confidence level.*

**Keywords:** Fly Ash, Cementitious, Compressive Strength

### PENDAHULUAN

Fly ash atau abu terbang merupakan sisa-sisa pembakaran batu bara yang dapat digunakan dalam

campuran beton. Penggunaan material fly ash sebagai material pembentuk beton didasari pada sifat material ini yang memiliki kemiripan dengan sifat semen. Kemiripan sifat ini dapat ditinjau dari dua sifat utama, yaitu sifat fisik dan kimiawi. Secara

fisik, material fly ash memiliki kemiripan dengan semen dalam hal kehalusan butir-butirnya. Menurut ACI (American Concrete Institute) Committee 226, fly ash mempunyai butiran yang cukup halus, yaitu lolos ayakan No. 325 (45 mili micron) 5% – 27 % dengan specific gravity antara 2,15 – 2,6 dan berwarna abu-abu kehitaman. Sifat kimia yang dimiliki oleh fly ash berupa silika dan alumina dengan presentase mencapai 80%. Fly ash sendiri tidak memiliki kemampuan mengikat seperti halnya semen. Tetapi dengan kehadiran air dan ukuran partikelnya yang halus, oksida silika yang dikandung oleh fly ash akan bereaksi secara kimia dengan kalsium hidroksida yang terbentuk dari proses hidrasi semen dan memiliki kemampuan mengikat.

Berdasarkan hal tersebut diatas, maka dilakukan penelitian yang bersifat eksperimental untuk mengetahui dan menganalisa seberapa besar pengaruh pemakaian fly ash pada campuran beton dengan mutu beton sedang terhadap kuat tekan beton.

## TUJUAN

Adapun tujuan yang ingin dicapai dari penelitian ini adalah :

1. Untuk mengetahui pengaruh pemakaian fly ash sebagai sementisius pada beton mutu sedang.
2. Untuk mengetahui berapa presentase pemakaian fly ash sebagai sementisius yang menghasilkan kuat tekan optimum.
3. Untuk menganalisis perbandingan antara mutu yang dihasilkan dan biaya yang diperlukan antara beton normal dan beton dengan tambahan fly ash.

## TINJAUAN PUSTAKA

### Penelitian Terdahulu

Penelitian tentang analisa pengaruh pemakaian atau penambahan fly ash pada beton sudah pernah dilakukan. Berdasarkan penelitian terdahulu, persentase (%) pemakaian fly ash yang digunakan bervariasi mulai dari 5%, 10% dan 15%. Berdasarkan hasil uji kuat tekan beton fly ash menghasilkan kuat tekan optimum beton pada kadar penambahan 5% fly ash.

### Pengertian dan Sifat Beton

Beton adalah campuran antara semen Portland atau semen hidraulik yang lain, agregat halus, agregat kasar dan air dengan atau tanpa bahan tambah membentuk massa padat. Beton normal adalah beton yang mempunyai berat isi (2200 – 2500) kg/m<sup>3</sup> menggunakan agregat alam yang tidak dipecah maupaun dipecah.

### Material Penyusun Beton

Pada umumnya, beton mengandung pasta semen (semen dan air) sekitar 25% - 40%, agregat (agregat halus dan agregat kasar) sekitar 60% - 75%

dan rongga udara sekitar 1% – 4%,. Pencampuran bahan-bahan tersebut menghasilkan suatu adukan yang mudah dicetak sesuai dengan bentuk yang diinginkan, karena adanya hidrasi semen oleh air maka adukan tersebut akan mengeras dan mempunyai kekuatan untuk memikul beban.

Adapun material penyusun beton yang digunakan pada penelitian ini yakni Semen PPC (Portland Pozzoland Cement), agregat kasar dan halus, air, fly ash dan superplasticizer.

## Kekuatan Beton

Kekuatan beton merupakan gambaran umum mengenai kualitas beton. Faktor-faktor yang mempengaruhi kekuatan beton dari material penyusunnya ditentukan oleh faktor air semen, porositas dan faktor-faktor intrinsik lainnya seperti kekuatan agregat, kekuatan pasta semen, kekuatan ikatan/lekatan antara semen dengan agregat.

Kuat tekan beton yang disyaratkan  $f'_c$  adalah kuat tekan yang ditetapkan oleh perencana struktur (berdasarkan benda uji berbentuk silinder diameter 150 mm, tinggi 300 mm). Kuat tekan beton yang ditargetkan adalah kuat tekan rata rata  $f'_{cr}$  yang diharapkan dapat dicapai yang lebih besar dari  $f'_c$ .

## Kuat Tekan

Kuat Tekan merupakan suatu parameter yang menunjukkan besarnya beban persatuan luas yang menyebabkan benda uji hancur oleh gaya tekan tertentu. Dapat ditulis dengan persamaan (SNI 1974-2011):

$$f'_c = \frac{P}{A}$$

Keterangan:

$f'_c$  = Kuat Tekan Beton ( )

P = Beban Maksimum (N)

A = Luas Penampang yang Menerima Beban (mm<sup>2</sup>)

## Kekuatan Tekan Rata-rata

Kekuatan rata-rata yang ditargetkan dihitung secara teoritis dengan menjumlahkan kuat tekan rencana dengan nilai tambah, dapat dihitung dengan persamaan (SNI 03-2834-2000).

$$M = 1,64 \times s_r$$

$$f'_{cr} = f'_c + M$$

Keterangan :

M = Nilai tambah

1,64 = Tetapan statistik, Nilainya tergantung pada persentase kegagalan hasil uji sebesar maksimum 5 %

$s_r$  = Deviasi Standar Rencana.

$f'_{cr}$  = Kuat Tekan Rata-rata yang Ditargetkan (N/mm<sup>2</sup>)

$f'_c$  = Kuat Tekan Beton (N/mm<sup>2</sup>).

## Persyaratan-Persyaratan Beton

Persyaratan umum yang harus dipenuhi sebagai berikut:

- Proporsi campuran beton harus menghasilkan beton yang memenuhi syarat kekentalan, keawetan, kuat tekan dan ekonomis.
- Beton normal yang dibuat harus menggunakan bahan agregat normal tanpa bahan tambahan. Bahan-bahan yang digunakan dalam perencanaan harus memenuhi persyaratan.
- Perencanaan campuran beton didasarkan pada data bahan yang akan dipergunakan, dan proporsi campuran harus dibuktikan melalui uji coba (trial) yang menunjukkan bahwa proporsi tersebut dapat memenuhi kekuatan beton yang disyaratkan.
- Nama nama petugas pembuat, pengawas dan penanggung jawab hasil pembuatan rencana campuran beton normal harus tertulis dengan jelas, dan dibubuhi paraf atau tanda tangan, beserta tanggalnya.
- Dibutuhkan ketelitian yang maksimal agar bisa menghasilkan benda yang sesuai dengan perencanaan
- Rencana campuran beton ditentukan berdasarkan hubungan antara kuat tekan dan faktor air semen.
- Semua bahan : Air, Semen (SNI-15-2049-1994), dan Agregat (SNI-03-1750-1990) harus memenuhi persyaratan yang berlaku.

### Pengujian Interval Kepercayaan

Interval kepercayaan adalah suatu estimasi terhadap parameter populasi dengan memakai range (interval nilai). Estimasi interval merupakan sekumpulan angka, yang kita duga salah satunya adalah nilai yang diduga. Dengan melakukan estimasi interval maka hasil pendugaan kita akan lebih objektif. Kita juga dapat menyatakan berapa besar tingkat kepercayaan kita. bahwa interval yang terbentuk memang mengandung nilai parameter yang kita duga. Dalam ilmu sosial, interval kepercayaan yang sering digunakan adalah 90%, 95% atau 99%. Pada dasarnya seorang peneliti bebas menentukan berapa besar interval kepercayaan yang akan dipergunakan.

Pertimbangannya adalah dengan semakin besar tingkat kepercayaan yang diberikan maka semakin tinggi pula tingkat kepercayaan bahwa parameter populasi yang diestimasi terletak dalam interval yang terbentuk, namun penelitian itu menjadi semakin tidak teliti. Apabila kita menetapkan interval kepercayaan sebesar 95% maka dengan kata lain kita menetapkan alpha sebesar 5% (100-95). Pengertiannya adalah kita memberikan toleransi untuk melakukan kesalahan sebanyak 5 kali dalam 100 kali percobaan. Dengan interval kepercayaan itu maka peneliti memiliki kepercayaan bahwa nilai parameter di tingkat populasi akan berada pada interval  $\pm Z$  standard error dari rata-rata populasi.

Tujuan dari pengujian ini adalah untuk mencari kevalidan data yang telah didapatkan. Dalam pengujian ini, digunakan interval konfiden 95%. Hal ini berarti bahwa toleransi kesalahan yang diijinkan hanyalah sebesar 5%, sedangkan sisanya (95%) adalah data-data yang dapat dipercaya. Data-data yang tidak memenuhi syarat tersebut kemudian dibuang, sehingga tertinggal data-data yang valid yang siap untuk diuji secara statistik.

Rumus yang digunakan untuk mendapatkan hasil pengujian Interval Kepercayaan adalah sebagai berikut:

$$x - \left( t_p \cdot x \frac{s}{\sqrt{n}} \right) < \mu < x + \left( t_p \cdot x \frac{s}{\sqrt{n}} \right)$$

Keterangan:

- X = Nilai rata-rata dari data yang diuji
- S = Standar deviasi
- P = Persentil =  $\frac{1}{2} (1 + \text{interval konfidensi})$
- tp = nilai t padapersentil P yang dipilih
- n = jumlah data

### Analisa Regresi

Analisa regresi adalah analisa dimana mempelajari hubungan data yang terdiri atas dua buah atau lebih variable. Hubungan yang didapat pada umumnya dinyatakan dalam bentuk persamaan matematik yang menyatakan hubungan fungsional antara variable-variable.

Untuk menganalisis hubungan tersebut, digunakan metode fungsi kuadratik (Sudjana, 2002; 338) sebagai regresi, dengan bentuk persamaan  $\hat{Y} = a + bX + cX^2$ . Dengan persamaan perhitungannya sebagai berikut :

$$\begin{aligned}\sum Y &= na + b\sum X + c\sum X^2 \\ \sum XY &= a\sum X + b\sum X^2 + c\sum X^3 \\ \sum X^2Y &= a\sum X^2 + b\sum X^3 + c\sum X^4\end{aligned}$$

Mencari koefisien determinasi ( $R^2$ ) :

$$JK(b|a) = \left[ b \left\{ \sum XY - \frac{(\sum X)(\sum Y)}{n} \right\} \right] + \left[ c \left\{ \sum X^2Y - \frac{(\sum X^2)(\sum Y)}{n} \right\} \right]$$

$$JK(E) = \sum Y^2 - \frac{(\sum Y)^2}{n}$$

$$R^2 = \frac{JK(b|a)}{JK(E)}$$

Keterangan:

- X = Variabel bebas.
- Y = Data hasil pengujian.
- n = Jumlah data.

### Pengujian Hipotesis

Hipotesis adalah jawaban sementara terhadap pernyataan yang diajukan pada rumusan masalah

penelitian. Hipotesis akan ditolak jika salah satu palsu dan akan diterima fakta fakta membenarkan. Penolakan dan penerimaan hipotesis sangat bergantung pada hasil-hasil penyelidikan terhadap fakta fakta empirik yang dikumpulkan.

Hipotesis dapat dibagi menjadi 2 bagian sebagai berikut :

a. Hipotesis nihil ( $H_0$ ) : yaitu hipotesis yang menyatakan suatu kesamaan atau tidak adanya perbedaan anatara dua kelompok atau lebih permasalahan yang dihadapi.

Secara operasional dapat ditulis :  $H_0 : \mu_1 = \mu_2 = \mu_3 = \mu_4 = \mu_5$

Hipotesis alternatif ( $H_a$ ): yaitu hipotesis yang menyatakan kebalikan dari hipotesis nihil.

Secara operasional dapat ditulis :  $H_0 : \mu_1 \neq \mu_2 \neq \mu_3 \neq \mu_4 \neq \mu_5$

Dari berbagai macam cara merumuskan hipotesa penelitian, yang digunakan pada penelitian ini adalah Distribusi Student (t). Hampir sama dengan distribusi normal, dimana distribusi ini juga diijuluki kurva lonceng (bell curve) karena grafik fungsi kepekatan probabilitasnya mirip dengan bentuk lonceng. Sama dengan distribusi normal, hanya sampel yang digunakan sedikit (umumnya kurang dari 33). Distribusi Student (t) dapat diperoleh dengan langkah sebagai berikut:

a. Merumuskan hipotesis

Diasumsikan

$H_0$  = Tidak ada hubungan / pengaruh antara presentase fly ash terhadap kuat tekan beton.

$H_a$  = Ada hubungan / pengaruh antara presentase fly ash terhadap kuat tekan beton.

b. Menentukan t tabel Pengujian dua arah sehingga  $\alpha/2 = 0,05/2 = 0,025$  maka  $t_{tabel} = \alpha/2; n - k$

Keterangan:

n = jumlah varian sampel

k = 2

c. Menentukan  $t_{hitung}$

$$t_{hitung} = r \times \sqrt{\frac{n-2}{1-r^2}}$$

Keterangan:

r = nilai kefisien korelasi

n = jumlah varian sampel

d. Penarikan Kesimpulan

- Bila t hitung > t tabel maka  $H_0$  ditolak
- Bila t hitung < t tabel maka  $H_0$  diterima

## METODOLOGI PENELITIAN

### Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Struktur dan Bahan, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Institut Teknologi Nasional Malang. Jenis penelitian ini adalah penelitian eksperimen di Laboratorium berupa pengujian kuat tekan beton

dengan pengaruh pemakaian fly ash sebagai sementisius pada beton mutu sedang. Waktu penelitian direncanakan kurang lebih 2 bulan yakni mulai bulan Mei – Juni.

### Desain dan Jumlah Benda Uji

Desain benda uji adalah sebagai berikut:

1. Bentuk benda uji silinder ukuran 15 cm x 30 cm untuk pengujian kuat tekan.
2. Perencanaan campuran beton menggunakan SNI 03-2834-2000 “ Tata cara pembuatan rencana campuran beton normal ”.
3. Variasi perbandingan campuran pada benda uji  
Dalam penelitian ini akan dibuat benda uji A (beton normal/ 0% fly ash), B (20% fly ash), C (25% fly ash), D (30% fly ash), E (35% fly ash), dan F (40% fly ash). Benda uji A sebanyak 4 buah dengan mutu beton 25 Mpa, menggunakan silinder berukuran 15 cm x 30 cm dan perbandingan campuran beton sesuai dengan perhitungan SNI tanpa pemakaian bahan tambahan. Benda uji B, C, D, E, dan F, memiliki variasi presentase pemakaian fly ash untuk setiap sampel 20%, 25%, 30%, 35%, 40% dari jumlah total sementisius campuran beton normal SNI, dengan menggunakan silinder berukuran 15 cm x 30 cm, perbandingan campuran agregat halus dan agregat kasar sesuai dengan SNI dan untuk kadar air bebasnya akan dikurangi 30% sesuai besarnya pemakaian dosis superplasticizer pada campuran. Kadar superplasticizer dibuat sama untuk semua variasi benda uji. Jumlah sampel yang dibuat 24 buah. 4 buah sampel untuk campuran beton normal. 20 sampel untuk 5 variasi presentase pemakaian fly ash. 4 buah untuk setiap variasi. Perlakuan untuk setiap benda uji dibuat sama. Jumlah benda uji yang akan dibuat dapat dilihat pada tabel 1.

Tabel 1. Jumlah Benda Uji

Benda Uji	Jenis Benda Uji	Umur Pengujian (Hari)	Jumlah Sampel Silinder (15 x 30) cm <sup>2</sup>
A	Beton Normal SNI (0% fly ash)	28	4
B	Beton dengan pemakaian fly ash 20%	28	4
C	Beton dengan pemakaian fly ash 25%	28	4
D	Beton dengan pemakaian fly ash 30%	28	4
E	Beton dengan pemakaian fly ash 35%	28	4
F	Beton dengan pemakaian fly ash 40%	28	4
Jumlah			24

#### Metode Perawatan Benda Uji

Perawatan benda uji dilakukan dengan cara direndam dalam bak perendaman. Benda uji diangkat dari bak 1 hari sebelum sampel di uji. Hal ini dimaksudkan agar pada waktu di uji, sampel dalam keadaan tidak basah.

Pengujian dilakukan pada saat sampel berumur 28 hari. Hal ini berarti benda uji diangkat dari bak pada saat berumur 27 hari.

#### Metode Pengujian Kuat Tekan Silinder

Pengujian ini dilakukan menggunakan alat Material Testing Equipment kapasitas 1000 KN untuk mengetahui kuat tekan beton yang telah mengeras dengan benda uji berbentuk silinder pada umur 28 hari. Pembebanan dilakukan sampai silinder beton hancur atau tidak terlihat kenaikan angka pada bacaan alat Material Testing Equipment, kemudian dicatat besarnya beban maksimum P yang selanjutnya digunakan untuk menentukan tegangan tekan beton ( $f_c$ ).

### HASIL DAN PEMBAHASAN

#### Hasil Pengujian Agregat

Tabel 2. Hasil Pengujian Agregat Halus

No	Karakteristik Agregat	Interval Spesifikasi	Hasil Pengamatan	Keterangan
1	Kadar Lumpur	Maks 5 %	0,20 %	Memenuhi
2	Kadar Organik	< NO. 3	NO.1	Memenuhi
3	Kadar Air	2 % - 5 %	2,14 %	Memenuhi
4	Absorpsi	Maks 2 %	0,11 %	Memenuhi
5	Berat Jenis Spesifik			
	a. Bj. ( Bulk )	1,6 - 3,3	2,77 %	Memenuhi
	b. Bj. Kering Permukaan	1,6 - 3,3	2,77 %	Memenuhi
	c. Bj. Semu	1,6 - 3,3	2,78 %	Memenuhi
6	Ukuran Agregat	Maks Zone 4	Zone 2	Memenuhi

Tabel 3. Hasil Pengujian Agregat Kasar

No	Karakteristik Agregat	Interval Spesifikasi	Hasil Pengamatan	Keterangan
1	Kadar Air	0,5% - 2%	0,97 %	Memenuhi
2	Abrasi	Maks 40%	14,37 %	Memenuhi
3	Absorpsi	Maks 4%	1,25%	Memenuhi
4	Berat Jenis Spesifik			
	a. Bj. ( Bulk )	1,6 - 3,3	2,72 %	Memenuhi
	b. Bj. Kering Permukaan	1,6 - 3,3	2,75 %	Memenuhi
	c. Bj. Semu	1,6 - 3,3	2,81 %	Memenuhi
5	Ukuran Agregat	(4,75 - 76,2) mm	(4,75-38,1) mm	Memenuhi

Tabel 4. Hasil Pengujian Fly Ash

Kode				
Nomor Botol		d1	d3	a3
Berat Botol + Fly Ash ( $W_2$ )	gr	105,4	104,8	103,5
Berat Botol ( $W_1$ )	gr	40,4	39,2	31,5
Berat Fly Ash ( $W_2 - W_1$ )	gr	65,0	65,6	72,0
Suhu ( $T$ )	°C	25	25	25
Berat Botol + Air pada $T$ ( $W_4$ )	gr	139,7	138,8	131,3
$W_2 - W_1 + W_4$	gr	204,7	204,4	203,3
Berat Botol + Air + Fly Ash ( $W_3$ )	gr	179,3	17,5	174,7
Faktor Koreksi Suhu		0,997	0,997	0,997
Isi Fly Ash ( $(W_2 - W_1) + (W_4 - W_3)$ )	cm <sup>3</sup>	25,40	25,90	28,60
Berat Jenis Fly Ash		2,53	2,53	2,51
Rata-rata			2,53	

#### Komposisi Campuran

Tabel 5. Komposisi Campuran



No	Material	Jenis Beton					
		Beton Normal	Beton Fly Ash 20%	Beton Fly Ash 25%	Beton Fly Ash 30 %	Beton Fly Ash 35%	Beton Fly Ash 40%
1	Air ( Kg )	196,28	137,40	137,40	137,40	137,40	137,40
2	Semen ( Kg )	392,72	314,18	294,54	274,9	255,24	235,63
3	Pasir ( Kg )	697,11	697,11	697,11	697,11	697,11	697,11
4	Kerikil ( Kg )	1138,89	1138,89	1138,89	1138,89	1138,89	1138,89
5	Fly Ash ( Kg )	-	78,54	98,18	117,82	137,45	157,09
6	Superplasticizer ( Kg )	-	1,89	1,89	1,89	1,89	1,89

### Hasil Pengujian Beton

Contoh perhitungan kuat tekan benda uji Beton Normal

$$\text{Tegangan hancur (f'c)} = \frac{P \times \text{Faktor Bentuk}}{A \times F_u}$$

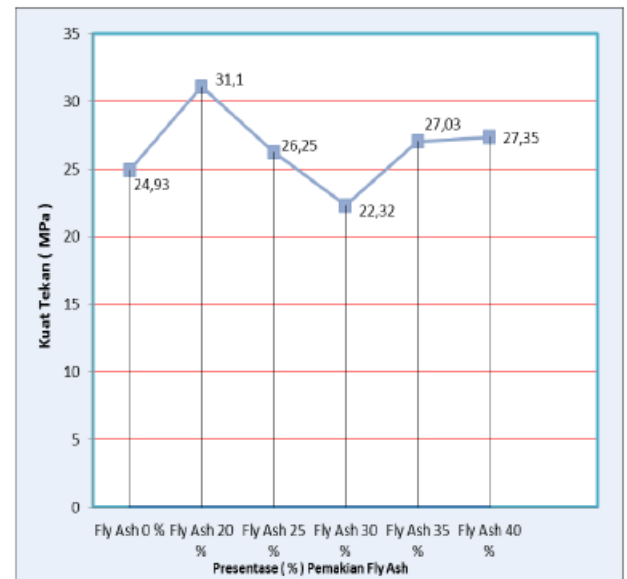
- P = Beban axial tekan maksimal (N)
- A = Luas penampang benda uji (mm<sup>2</sup>)
- Fu = Faktor umur beton (untuk 28 hari = 1,00)
- Faktor Bentuk = Silinder = 1.

Dari data pada tabel di atas kemudian dicari nilai :  
 Kuat tekan rata-rata 28 hari pada beton normal (0% fly ash - sampel A)

$$f'c = \frac{436.000 \times 1}{17662,5 \times 1} = 24,69 \text{ MPa}$$

Tabel 6. Hasil Kuat Tekan Beton

No	Kode	Tanggal Buat	Tanggal Test	Umur (hari)	Mutu (F <sub>c</sub> )	Berat (Kg)	Tekanan Hancur (KN)	Tegangan Hancur (MPa)	Kuat Tekan Rata-Rata
1	Normal A	21/05/2017	18/06/2017	28	25	13,34	436	24,69	24,93
2	Normal B	21/05/2017	18/06/2017	28	25	13,35	437	24,74	
3	Normal C	21/05/2017	18/06/2017	28	25	13,24	438	24,80	
4	Normal D	21/05/2017	18/06/2017	28	25	13,45	450	25,48	
5	FA 20% - A	21/05/2017	18/06/2017	28	25	13,32	543	30,74	31,10
6	FA 20% - B	21/05/2017	18/06/2017	28	25	13,67	550	31,14	
7	FA 20% - C	21/05/2017	18/06/2017	28	25	13,57	532	30,12	
8	FA 20% - D	21/05/2017	18/06/2017	28	25	13,62	572	32,38	
9	FA 25% - A	21/05/2017	18/06/2017	28	25	13,49	438	24,80	26,25
10	FA 25% - B	21/05/2017	18/06/2017	28	25	13,83	528	29,89	
11	FA 25% - C	21/05/2017	18/06/2017	28	25	13,42	463	26,21	
12	FA 25% - D	21/05/2017	18/06/2017	28	25	13,72	426	24,12	
13	FA 30% - A	22/05/2017	19/06/2017	28	25	13,86	390	22,08	22,32
14	FA 30% - B	22/05/2017	19/06/2017	28	25	13,71	431	24,40	
15	FA 30% - C	22/05/2017	19/06/2017	28	25	13,54	392	22,19	
16	FA 30% - D	22/05/2017	19/06/2017	28	25	13,57	364	20,61	
17	FA 35% - A	23/05/2017	20/06/2017	28	25	13,63	542	30,69	27,03
18	FA 35% - B	23/05/2017	20/06/2017	28	25	13,64	467	26,44	
19	FA 35% - C	23/05/2017	20/06/2017	28	25	13,71	479	27,12	
20	FA 35% - D	23/05/2017	20/06/2017	28	25	13,63	422	23,89	
21	FA 40% - A	23/05/2017	20/06/2017	28	25	13,55	435	24,63	27,35
22	FA 40% - B	23/05/2017	20/06/2017	28	25	13,48	427	24,18	
23	FA 40% - C	23/05/2017	20/06/2017	28	25	13,65	567	32,10	
24	FA 40% - D	23/05/2017	20/06/2017	28	25	13,33	503	28,48	



Gambar 1. Pengaruh Presentase Pemakaian Fly Ash Terhadap Kuat Tekan Rata-Rata Beton

### Pembahasan Kuat Tekan Beton

Berdasarkan data pengujian kuat tekan rata-rata beton pada umur 28 hari dengan 5 variasi kadar fly ashyang berbeda diperoleh hasil kuat tekan rata-rata beton tertinggi yaitu pada beton dengan kadar fly ash 20 % sebesar 31,10 MPa. Peningkatan kuat tekan sebesar 6,17 MPa (24,75%) dari beton normal 24,93 MPa, sedangkan kuat tekan rata-rata terendah yaitu pada beton dengan kadar fly ash 30 % sebesar 22,32 MPa. Penurunan kuat tekan sebesar 2,61 MPa (10,47 %) dari beton normal 24,93 MPa.

Ada bebarapa faktor yang bisa menyebabkan kuat tekan rata-rata beton fly ash kurang maksimal dapat dianalisa dengan melihat kekurangan dari PPC (Portland Pozzoland Cement) yang dipakai sebagai material penyusun beton fly ash, dimana PPC (Portland Pozzoland Cement) juga memiliki sifat pozolan sama seperti fly ash dimana kadar pozolan 6 % sampai dengan 40 % massa semen portland pozolan (SNI 15-0302-2004).

Faktor lain yang juga berpengaruh adalah porositas (ukuran dari ruang kosong antar material)/ rongga yang cukup besar pada beton dengan pemakaian fly ash sehingga rongga yang sebelumnya di isi udara pada beton dimasuki air pada saat beton direndam. Ketika beton diuji, air belum sepenuhnya keluar, hal ini nampak pada sampel beton fly ash 25 % – D dan beton fly ash 30 % – D. Rongga yang ada tersebut menjelaskan bahwa beton tersebut tidak sepenuhnya padat. Hal ini bisa terjadi karena proses pemadatan pada saat pengecoran kurang maksimal dan bisa juga terjadi akibat sifat mampu memadat sendiri dari superplasticizer jenis Sika Viscocrete 1003 yang digunakan dalam pengecoran beton fly ash yang menyebabkan ada bagaian pada beton yang terlebih

dahulu mengalami pemadatan/ pengerasan sehingga menghambat flow campuran.

**Tabel 7. Interval Kepercayaan Kuat Tekan Beton**

No	Jenis Sampel	Kuat Tekan (MPa)	Interval Kepercayaan	Keterangan
1	Normal -A	24,69	$24,508 < \mu < 25,347$	memenuhi interval kepercayaan
2	Normal -B	24,74		memenuhi interval kepercayaan
3	Normal -C	24,80		memenuhi interval kepercayaan
4	Normal -D	25,48		tidak memenuhi interval kepercayaan
5	FA 20 % - A	30,74	$30,017 < \mu < 32,173$	memenuhi interval kepercayaan
6	FA 20 % - B	31,14		memenuhi interval kepercayaan
7	FA 20 % - C	30,12		memenuhi interval kepercayaan
8	FA 20 % - D	32,38		tidak memenuhi interval kepercayaan
9	FA 25 % - A	24,80	$23,345 < \mu < 29,165$	memenuhi interval kepercayaan
10	FA 25 % - B	29,89		tidak memenuhi interval kepercayaan
11	FA 25 % - C	26,21		memenuhi interval kepercayaan
12	FA 25 % - D	24,12		memenuhi interval kepercayaan
13	FA 30 % - A	22,08	$20,554 < \mu < 24,086$	memenuhi interval kepercayaan
14	FA 30 % - B	24,40		tidak memenuhi interval kepercayaan
15	FA 30 % - C	22,19		memenuhi interval kepercayaan
16	FA 30 % - D	20,61		memenuhi interval kepercayaan
17	FA 35 % - A	30,69	$23,865 < \mu < 30,205$	tidak memenuhi interval kepercayaan
18	FA 35 % - B	26,44		memenuhi interval kepercayaan
19	FA 35 % - C	27,12		memenuhi interval kepercayaan
20	FA 35 % - D	23,89		memenuhi interval kepercayaan
21	FA 40 % - A	24,63	$23,850 < \mu < 30,845$	memenuhi interval kepercayaan
22	FA 40 % - B	24,18		memenuhi interval kepercayaan
23	FA 40 % - C	32,10		tidak memenuhi interval kepercayaan
24	FA 40 % - D	28,48		memenuhi interval kepercayaan

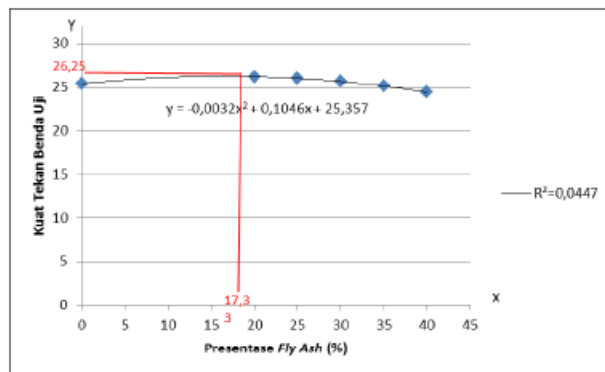
## Analisa Regresi

**Tabel 8. Data Kuat Tekan untuk Analisa Regresi**

No	Variasi Kadar fly ash (0%)	Kuat Tekan Rata-Rata Setelah Uji Interval Kepercayaan (Mpa)
1	0	24,743
2	20	30,667
3	25	24,043
4	30	21,627
5	35	25,817
6	40	25,763

Sesuai dengan hasil analisis regresi secara manual, maka hubungan kadar bahan tambahan fly ash terhadap kuat tekan menghasilkan persamannya  $\hat{Y} = -0,003x^2 + 0,105x + 25,357$  dengan nilai koefisien determinasi ( $R^2$ ) sebesar 0,0447. Hal ini berarti bahwa 4,47% perubahan nilai kuat tekan dipengaruhi oleh kadar fly ash sebagai

bahan tambahan pada campuran beton sedangkan sisanya dipengaruhi oleh hal yang lain.



**Gambar 2. Grafik Hubungan Antara Variasi Kadar Fly Ash Terhadap Kuat Tekan Beton**

Berdasarkan grafik diatas dapat diketahui nilai kuat tekan beton optimum yang dihasilkan yaitu 26,25 MPa pada kadar fly ash 17,33 %.

## Perhitungan Koefisien Korelasi (Nilai r)

Korelasi adalah hubungan antara satu variabel dengan variabel lain. Untuk mengetahui besarnya keeratan hubungan dari variabel X terhadap variabel Y. Berdasarkan nilai koefisien determinasi ( $R^2$ ) dapat dicari nilai koefisien korelasi (besarnya keeratan hubungan) antara presentase pemakaian fly ash terhadap kuat tekan beton.

$$r = \sqrt{R^2}$$

Keterangan:

$r$  = nilai koefisien korelasi

$R^2$  = nilai koefisien determinasi

$$r = \sqrt{0,0477}$$

$r = 0,2115$  (Tingkat hubungan pemakaian fly ash terhadap kuat tekan beton tergolong lemah)

## Pegujian Hipotesis

Metode yang digunakan dalam pengujian hipotesis adalah pengujian Distribusi Student (nilai t). Pengujian nilai t ini bertujuan untuk mengetahui apakah variabel bebas (X) berpengaruh signifikan terhadap variabel terikat (Y). Dalam hal ini variabel bebas (X) adalah presentase fly ash dan variabel terikat (Y) adalah kuat tekan beton. Langkah pengujian hipotesis adalah sebagai berikut:

- Merumuskan hipotesis
  - $H_0$  = Tidak ada pengaruh antara presentase fly ash sebagai sementisius terhadap kuat tekan beton.
  - $H_a$  = Ada pengaruh antara presentase fly ash sebagai sementisius terhadap kuat tekan beton.
- Menentukan t tabel Pengujian dua arah sehingga  $\alpha/2 = 0,05/2 = 0,025$  maka  $t_{tabel} = \alpha/2$ ;  $n - k$  atau  $t_{tabel} = 0,025$ ;  $4 = 2,776$  (t tabel dapat dilihat pada halaman lampiran.)

- Menentukan  $t_{hitung}$

$$= r \times \sqrt{\frac{n-2}{1-r^2}}$$

$$= 0,2115 \times \sqrt{\frac{6-2}{1-0,2115^2}}$$

$$= 0.433$$

- Penarikan Kesimpulan

Bila  $t_{hitung} > t_{tabel}$  maka  $H_0$  ditolak

Bila  $t_{hitung} < t_{tabel}$  maka  $H_0$  diterima

Karena  $t_{hitung} < t_{tabel}$  atau  $0,433 < 2,776$  maka  $H_0$  diterima dan  $H_a$  ditolak, jadi di simpulkan tidak ada pengaruh antara presentase fly ash sebagai sementisius terhadap kuat tekan beton dengan tingkat keyakinan 95 %.

**Tabel 9. Perhitungan Harga Per m<sup>3</sup> Campuran Beton**

No	Jenis Beton	Satuan	Harga (Rp)
1	Beton Normal (0% Flyash)	m <sup>3</sup>	840.956,89
2	Beton Fly Ash 20 %	m <sup>3</sup>	996.984,27
3	Beton Fly Ash 25 %	m <sup>3</sup>	990.273,93
4	Beton Fly Ash 30 %	m <sup>3</sup>	983.563,6
5	Beton Fly Ash 35 %	m <sup>3</sup>	976.846,43
6	Beton Fly Ash 40 %	m <sup>3</sup>	970.146,35

Keterangan: Harga satuan menggunakan harga bahan bangunan Kota Malang

## KESIMPULAN

- Pengaruh pemakaian fly ash pada kadar 20%, 25%, 30%, 35%, 40% terhadap kuat tekan beton dianalisa menggunakan metode koefisien determinasi, Koefisien korelasi dan pengujian hipotesis menggunakan metode Distribusi Student (nilai t). Berdasarkan hasil analisa koefisien determinasi diperoleh nilai (R<sup>2</sup>) sebesar 0,0447. Hal ini berarti bahwa 4,47% perubahan nilai kuat tekan dipengaruhi oleh kadar fly ash sebagai sementisius pada campuran beton sedangkan sisanya dipengaruhi oleh hal yang lain. Berdasarkan analisa koefisien korelasi diperoleh nilai (r) = 0,2115 (Tingkat hubungan pemakaian fly ash sebagai sementisius terhadap kuat tekan beton tergolong lemah), sedangkan berdasarkan pengujian hipotesis dengan menggunakan metode Distribusi Student (nilai t) diperoleh  $t_{hitung} < t_{tabel}$  atau  $0,433 < 2,776$  maka  $H_0$  diterima dan  $H_a$  ditolak sehingga tidak ada pengaruh antara presentase fly ash sebagai sementisius terhadap kuat tekan beton dengan tingkat keyakinan 95 %.
- Kuat tekan optimum beton yang dihasilkan diperoleh dari grafik kuadratik analisa regresi  $\hat{Y} = -0,003x^2 + 0,105x + 25,357$  adalah 26,25 MPa pada kadar fly ash 17,33 %.

- Analisa harga campuran beton dan mutu beton yang dihasilkan:

- Harga campuran per m<sup>3</sup> beton normal sebesar Rp. 840.956,89. Mutu yang dihasilkan 24,93 MPa.
- Harga campuran per m<sup>3</sup> beton fly ash 20% sebesar Rp. 996.984,27. Mutu yang dihasilkan 31,10 MPa.
- Harga campuran per m<sup>3</sup> beton fly ash 25% sebesar Rp. 990.273,93. Mutu yang dihasilkan 26,25 MPa.
- Harga campuran per m<sup>3</sup> beton fly ash 30% sebesar Rp. 983.563,6. Mutu yang dihasilkan 22,32 MPa.
- Harga campuran per m<sup>3</sup> beton fly ash 35% sebesar Rp. 976.846,43 mutu yang dihasilkan 27,03 MPa.
- Harga campuran per m<sup>3</sup> beton fly ash 40% sebesar Rp. 970.146,35. Mutu yang dihasilkan 27,35 MPa.

## SARAN

- Untuk penelitian yang menggunakan fly ash sebagai bahan tambahan sebaiknya menggunakan semen jenis OPC (Ordinary Portland Cement) karena semen jenis ini tidak memiliki kandungan pozolan yang memiliki sifat hampir sama dengan fly ash, sehingga hasil yang diperoleh lebih maksimal.
- Jenis fly ash yang digunakan dalam penelitian sebaiknya diteliti terlebih dahulu syarat dan ketentuannya agar bisa mendapatkan hasil yang lebih maksimal.
- Untuk mix design atau perencanaan campuran beton normal harus dipelajari dan dipahami terlebih dahulu sebelum merencanakan campuran beton dan untuk perhitungan komposisi kebutuhan campuran fly ash harus disesuaikan dengan hasil perencanaan campuran.
- Apabila menggunakan superplasticizer dalam pengecoran beton fly ash, sebaiknya dilakukan pra penelitian untuk mengetahui gambaran dan hasil sebelum dilakukan penelitian yang sebenarnya. Hal ini bertujuan agar mengurangi resiko kegagalan penelitian.
- Metode pelaksanaan penelitian harus diperhatikan mulai dari pemeriksaan material, perlakuan terhadap material (misalnya agregat kasar dan halus dicuci dan dikeringkan terlebih dahulu sebelum dilakukan pengecoran), serta metode perawatan dan pengujian benda uji.

## DAFTAR PUSTAKA

- Departemen Pekerjaan Umum, 1971, Peraturan Beton Bertulang Indonesia (PBI 1971), Departemen Pekerjaan Umum, Bandung



- Departemen Pekerjaan Umum, 1990, Metode pengujian analisis saringan Agregat halus dan kasar SNI 03-1968-1990, Badan Standarisasi Nasional
- Departemen Pekerjaan Umum, 1991, Spesifikasi Bahan Tambahan Untuk Beton SNI 03-2495-1991, Badan Standarisasi Nasional
- Departemen Pekerjaan Umum, 2000, Tata cara pembuatan rencana campuran beton normal SNI 03-2834-2000, Badan Standarisasi Nasional
- Departemen Pekerjaan Umum, 2000, Tata Cara Perencanaan Campuran Tinggi Dengan Semen Portland dengan Abuterdang SNI 03-6468-2000, Badan Standarisasi Nasional
- Departemen Pekerjaan Umum, 2004, Semen Portland Pozolan SNI 15-0302-2004, Badan Standarisasi Nasional
- Departemen Pekerjaan Umum, 2004, Semen Portland Komposit SNI 17-7064-2004, Badan Standarisasi Nasional
- Departemen Pekerjaan Umum, 2008, Tata Cara Perhitungan Harga Satuan Pekerjaan Beton Untuk Konstruksi Bangunan Gedung dan Perumahan SNI 7394:2008, Standarisasi Nasional
- Hernando Fandhi.2009, Tugas Akhir Perencanaan Campuran Beton Mutu Tinggi Dengan Penambahan Superplasticizer dan Pengaruh Penggantian Sebagian Semen Dengan Fly Ash.Yogyakarta.
- Departemen Pekerjaan Umum, 2011, Cara Uji Kuat Tekan Beton dengan Benda Uji Silinder SNI 1974-2011, Badan Standarisasi Nasional
- Departemen Pekerjaan Umum, 2012, Tata Cara Pemilihan Campuran Untuk Beton Normal, Beton Berat dan Beton Massa SNI 7656-2012, Badan Standarisasi Nasional
- Ariyani,dkk.2013. pengaruh pemakaian fly ash dan superplasticizer pada kuat tekan beton. Majalah Ilmiah UKRIM Edisi 2,Yogyakarta.
- Tavio.2015. Tata Cara Penentuan Proporsi Campuran Untuk Beton Dengan Semen Portland Biasa, Semen Portland Komposit Pozolan, dan semen Portland Komposit. Penerbit C.V Cipta Dea Pustaka, Bandung.